

09/147325

DEUTSCHES REICH



AUSGEGEBEN  
AM 27. MÄRZ 1923

REICHSPATENTAMT  
**PATENTSCHRIFT**

— № 372390 —

KLASSE 21d GRUPPE 36  
(B 80681 VIII/21d<sup>3</sup>)

---

**Bergmann-Elektricitäts-Werke, Akt.-Ges. in Berlin.**

**Maschine zur Umformung oder zur gleichzeitigen Erzeugung von Wechselströmen  
verschiedener Frequenz bei gleicher oder verschiedener Phasenzahl.**

Patentiert im Deutschen Reiche vom 9. Dezember 1915 ab.

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, die in erster Linie dazu bestimmt ist, für Eisenbahnzwecke einen Wechselstrom von der üblichen Frequenz in einen Wechselstrom niedriger Frequenz umzuwandeln, also

z. B. aus einem Drehstrom von 50 Perioden einen Einphasenstrom von 16 $\frac{2}{3}$  Perioden zu gewinnen. Sie kann aber ganz allgemein Verwendung finden, wenn es sich darum handelt, mittels einer einzigen Maschine die ge-

gebene Frequenz eines bestimmten Ein- oder Mehrphasenstromes in eine andere Frequenz eines Stromes der gleichen oder einer anderen Phasenzahl umzuformen oder gleichzeitig 5 Ströme verschiedener Frequenz zu erzeugen.

An sich ist es nicht neu, zur Frequenzumformung oder zur gleichzeitigen Erzeugung von Wechselströmen verschiedener Frequenz eine einzige durch Vereinigung zweier 10 Maschinen gebildete Maschine zu verwenden. Man kann hierzu den Induktor in der Weise ausbilden, daß das erzeugte Feld sich in Teilfelder mit passenden Polzahlen für die in Betracht kommenden Frequenzen zerlegen läßt, 15 und dem induzierten Teil eine entsprechende Zahl unabhängiger Wicklungen geben. Damit eine derartige Maschine in der Tat für beide Frequenzen unabhängig arbeiten kann, 20 müssen jedoch bestimmte Bedingungen erfüllt sein; jedes der Teilfelder darf nur die zugehörige Wirkung beeinflussen, auf die andere dagegen keine Wirkung ausüben und ebenso dürfen die induzierten Wicklungen 25 sich selbst untereinander in keiner Weise beeinflussen. Neue besondere Mittel, mit denen dies erreicht wird, bilden den Gegenstand der Erfindung, und zwar bezieht sich diese hauptsächlich auf die Wicklungsanordnung des induzierten Teiles der Maschine.

Das Wesen der Neuerungen soll im folgenden an Hand der Zeichnungen erläutert werden; dabei ist den Betrachtungen ein Frequenzumformer zugrunde gelegt. Die gleichen Gesichtspunkte lassen sich aber in entsprechender Weise auf einen Doppelgenerator übertragen.

Die Maschine kann in bezug auf beide Frequenzen synchron oder asynchron oder schließlich in bezug auf die eine synchron und die andere asynchron ausgebildet werden, d. h. aus der Vereinigung zweier synchroner oder zweier asynchroner Maschinen oder einer synchronen und einer asynchronen Maschine 45 bestehen.

#### Induzierte Wirkung.

In den Abb. 1 ist der Fall angenommen, daß die Polzahlen der Felder der beiden Induktoren im Verhältnis 1 : 3 stehen. Die Feldkurven sind durch die Abb. 1a veranschaulicht, und zwar bedeutet die durchgezogene Kurve das Feld geringer Polzahl, die gestrichelte gezeichnete Kurve das Feld hoher 55 Polzahl. Beide Felder setzen sich zu einem resultierenden Feld zusammen, das durch die strichpunktirierte Kurve wiedergegeben ist.

Die induzierte Wirkung für die hohe Frequenz muß nun so eingerichtet werden, daß 60 das Feld geringer Polzahl keine Spannung in ihr erzielen kann. Die Stäbe (Spulenseiten)

werden daher so verteilt und geschaltet, wie dies die Abb. 1b veranschaulicht. Diese Abbildung zeigt drei Stäbe, die um je eine Polteilung der höheren Polzahl voneinander entfernt und miteinander in Reihe geschaltet sind. Alle drei Stäbe liegen unter demselben Pol des Feldes geringer Polzahl. Es werden in ihnen durch das Feld also drei gleichgerichtete Spannungen hervorgerufen, die durch Pfeile nach Richtung und Größe dargestellt sind. Infolge der Reihenschaltung wirken diese Spannungen einander entgegen und heben sich auf. Da die Spannung in dem einzelnen Stab proportional ist der Feldstärke an der betreffenden Stelle, ergibt sich bei sinusförmigem Feld, wenn die Entfernung des einen Stabes vom Nullpunkt des Feldes geringer Polzahl einen beliebigen Winkel  $\varphi$  beträgt, für drei aufeinanderfolgende Stäbe zusammen eine Spannung, die dem Werte

$$\sin \varphi - \sin (\varphi + 60 \text{ Prozent}) + \sin (\varphi + 120 \text{ Prozent})$$

proportional sein muß. Dieser Wert ist für jeden Winkel = 0. Danach ist in den drei Stäben der Abb. 1b die Spannung = 0; ebenso aber auch die der mit diesen Stäben in Reihe geschalteten, vor dem anderen Pol des Feldes geringer Polzahl liegenden Stäbe. Bei der dargestellten Anordnung wird also die Wirkung für die hohe Frequenz durch das Feld niederer Polzahl in keiner Weise beeinflusst.

Das Gleiche gilt, wie sich leicht nachweisen läßt, auch für den Fall, daß die höhere Polzahl das 5, 7, 9 oder allgemein das  $2n + 1$  der niedrigen Polzahl ist. In allen diesen Fällen kann man also dadurch, daß man die Stäbe (Spulenseiten) im Abstand von je einer Polteilung des Feldes höherer Polzahl aufeinanderfolgen läßt und entsprechend 5, 7, 9,  $2n + 1$  in Reihe schaltet, eine Beeinflussung dieser Wirkung durch das Feld der niedrigen Polzahl vermeiden.

Die Wirkung für die niedrige Frequenz müßte man, um eine möglichst volle Wirkung von dem Feld geringer Polzahl zu erhalten, eigentlich so ausführen, daß jeweils zwei um eine Polteilung dieses Feldes voneinander entfernten Stäbe in Reihe liegen. Wie aus der Abbildung entnommen werden kann, würden die beiden Stäbe dann aber gleichzeitig um drei Polteilungen des Feldes der höheren Polzahl auseinanderliegen, es würden sich dann aber die von dem Feld höherer Polzahl induzierten Spannungen addieren. Die Wirkung würde also außer der gewünschten Beeinflussung durch das Feld niederer Polzahl auch eine unerwünschte Beeinflussung durch das Feld höherer Polzahl erfahren. Um diese

zu vermeiden, sollen daher die Stäbe (Spulen-  
seiten) entsprechend Abb. 1c angeordnet wer-  
den. Es sind danach zwei Stäbe hinterein-  
andergeschaltet, die nur um zwei Polteilungen  
des Feldes höherer Polzahl voneinander ent-  
fernt sind. Dieses Feld erzeugt daher in den  
beiden Stäben gleichgerichtete Spannungen  
von gleicher Größe, die in Anbetracht der  
Reihenschaltung einander entgegenwirken,  
sich somit aufheben. In dieser Beziehung  
wird nichts geändert, wenn die beiden in  
Reihe liegenden Stäbe statt um zwei etwa um  
vier Pole des Feldes höherer Polzahl ausein-  
anderliegen. Wesentlich ist nur, daß die Ent-  
fernung eine gerade Zahl von Polen dieses  
Feldes beträgt. In den meisten Fällen wird  
es allerdings zweckmäßig sein, die Anordnung  
so zu treffen, daß der Wikkelschritt kleiner  
als eine Polteilung des Feldes geringer Pol-  
zahl ist. Dementsprechend wird man, wenn  
das Feld höherer Polzahl 5, 7, 9 oder allge-  
mein  $2n + 1$  mal so viele Pole besitzt, wie  
das Feld niedriger Polzahl die Entfernung der  
in Reihe liegenden beiden Stäbe gleich 4 (6),  
8 (10),  $2n$  ( $2n + 2$ ) wählen.

Bei beiden Wicklungen ist es nicht nötig,  
daß die hintereinandergeschalteten Stäbe un-  
mittelbar in Reihe liegen. Man kann viel-  
mehr erst eine Reihe von Stäben in beliebiger  
Weise schalten und so Gruppen bilden, die  
miteinander in Reihe gelegt werden. Wesent-  
lich ist nur, daß sich jeder Stromkreis dieser  
Art in lauter Gruppen hintereinandergeschalt-  
eter Stäbe zerlegen läßt, die durch ihre Lage  
und Schaltung den vorstehend festgelegten  
Bedingungen entsprechen.

Die Abb. 2 veranschaulicht die neue Wick-  
lungsanordnung in den verschiedenen Aus-  
führungsbeispielen. a zeigt dabei den Eisen-  
körper der Maschine mit den Nuten. In b  
sind die Teilfelder des Induktors dargestellt  
für einen bestimmten Augenblick. Das Pol-  
zahlverhältnis ist dabei mit 3 : 1 angenommen.  
Es kann also beispielsweise ein Strom von  
50 Perioden auf  $16\frac{2}{3}$  Perioden umgeformt  
werden. Unter c bis e sind Ausführungsbei-  
spiele für die induzierte Wicklung des Strom-  
es hoher Frequenz angegeben. Bei c zu-  
nächst befinden sich links zwei Einzelgruppen  
mit je drei hintereinandergeschalteten Stäben.  
Rechts sind zwei derartige Gruppen in Reihe  
gelegt. Die gleiche Anordnung ist bei d drei-  
phasig durchgeführt. Beide Wicklungshälften  
sind dabei unabhängig voneinander dar-  
gestellt. Sie können nach Belieben parallel  
oder in Reihe geschaltet werden. Bei mehr  
als einer Wicklung in der Nut ergibt sich  
z. B. eine Wicklung, wie sie unter e veran-  
schaulicht ist. Jede der beiden Wicklungs-  
hälften setzt sich dort aus vier hinterein-  
andergeschalteten Gruppen von je drei

entsprechend der Darstellung in c in Reihe  
liegenden Leitern zusammen. Die Wicklungs-  
hälften können wieder Parallel- oder Reihen-  
schaltung aufweisen. f und g zeigen Beispiele  
für die Ausführung der induzierten Wicklung  
für den Strom niedriger Frequenz, und zwar  
finden sich bei f zwei Einzelgruppen mit je  
um zwei Pole des Feldes hoher Polzahl ent-  
fernt liegenden, hintereinandergeschalteten  
Stäben, während bei g Spulen aus je vier in  
Reihe liegenden derartigen Gruppen gebildet  
sind. Beide Wicklungshälften sind dabei in  
bezug auf die Reihenfolge zur Hintereinan-  
derschaltung verschieden ausgeführt.

In Abb. 3 ist das vollständige Wicklungs-  
schema des induzierten Feldes einer gemäß  
der Erfindung ausgeführten Maschine darge-  
stellt. Es ist dabei angenommen, daß aus  
einem Drehstromnetz mit 50 Perioden ein  
Einphasenstrom von  $16\frac{2}{3}$  Perioden gewonnen  
werden soll. Das Polzahlverhältnis beträgt  
demgemäß 3 : 1. Die Lage der beiden Induk-  
toren ist in Abb. 3a veranschaulicht. Abb. 3b  
zeigt die einphasige Wicklung für die niedere  
Frequenz, diese Wicklung ist als fortlaufende  
Wicklung mit einem Wikkelschritt gleich die  
doppelte Polbreite des Feldes höherer Polzahl  
ausgeführt. Insgesamt sind 36 Stäbe vor-  
handen, die sämtlich in Reihe geschaltet sind,  
so daß die Wicklung also in 18 Gruppen zer-  
legt werden kann. Die dreiphasige Wicklung  
für die höhere Frequenz ist in Abb. 3c  
wiedergegeben. Jede Phase umfaßt dabei je  
zwölf in Reihe liegender Stäbe, die sich auf  
vier Gruppen, von drei um je eine Polteilung  
des Feldes höherer Polzahl entfernt liegender  
Stäbe zurückführen läßt. Die zu einer Gruppe  
gehörigen Stäbe, z. B. 1, 7, 13, sind dabei aus  
wickeltechnischen Rücksichten nicht unmittel-  
bar hintereinandergeschaltet, sondern unter  
Einfügung von Stäben (z. B. 8) anderer Gruppen.

Für die induzierende Wicklung kann man  
in bekannter Weise zwei getrennte Wick-  
lungen verwenden, um die beiden Felder her-  
vorzubringen. Eine derartige Anordnung  
hat den Vorteil, daß man die beiden Felder  
ganz unabhängig voneinander regeln kann.  
In vielen Fällen wird man es aber vorziehen,  
solche Teile beider Wicklungen, die in den-  
selben Nuten liegen und entgegengesetzte  
Stromrichtung haben, zusammenzufassen.  
Man spart so an Material, ist allerdings in  
der Regelung der Felder dabei nicht mehr un-  
abhängig.

Im übrigen können für den Induktor sehr  
verschiedene Ausführungen in Betracht kom-  
men, je nachdem, ob man die Maschine als  
Vereinigung von Synchronmaschinen für  
beide Frequenzen oder von Asynchronmaschi-  
nen für beide Frequenzen oder schließlich von  
einer Synchronmaschine für die eine mit

einer Asynchronmaschine für die andere Frequenz ausbildet.

Eine besondere günstige Form ergibt sich im letzteren Falle, wenn man das eine Feld, z. B. das mit der höheren Polzahl asynchron, das andere synchron ausführt. Der Induktor erhält alsdann verteiltes, geblättrtes Eisen und außer der Gleichstromerregewicklung für den synchronen, eine Kurzschlußwicklung für den asynchronen Teil. Bildet hierbei der Induktor den Läufer, so liegen auf dem Ständer, falls es sich um eine Frequenz-Umformmaschine handelt, eine Wicklung für den zugeführten Strom der einen Frequenz und eine Wicklung für den abgenommenen Strom der anderen Frequenz. Die Kurzschlußwicklung wirkt dabei zugleich als Dämpferwicklung für den synchronen Teil. Statt der Kurzschlußwicklung wird man bei der praktischen Ausführung zumeist eine Phasenwicklung für den asynchronen Teil verwenden. Auf diese Weise wird ein einfaches Anlassen ermöglicht, falls der asynchrone Teil den Motor bildet, und beim normalen Lauf kann man Phasenkompensatoren, Vibratoren o. dgl. einschalten. Die Verwendung derartiger Mittel zur Verbesserung des Leistungsfaktors bietet dann die Möglichkeit, den Luftspalt der Maschine größer zu wählen, was für den synchronen Teil von Vorteil ist. Als Dämpferwicklung kann wieder die asynchrone Wicklung benutzt werden, die aber hierzu in besonderer Weise ausgebildet sein muß. Eine solche Ausführung der asynchronen Wicklung veranschaulicht die Abb. 4, und zwar soll die hohe Polzahl für den synchronen Teil sechs, die niedrige für den asynchronen Teil zwei Pole betragen. Das Wesentliche der Wicklung besteht nun darin, daß je drei um  $120^\circ$  auseinanderliegende Punkte kurzgeschlossen sind. Diese Kurzschlußverbindungen bilden dabei eine Anzahl von Dreiecken, nach Abb. 4 deren sechs, die untereinander isoliert sind. Drei dieser Dreiecke, die um  $120^\circ$  elektrisch gegeneinander verschoben sind, stehen mit Schleifringen in Verbindung. Zwischen den Schleifringen erhält man dann den induzierenden Strom für die höhere Periodenzahl, während die Wicklung zugleich für das Feld der kleineren Polzahl als Kurzschlußanker wirkt und für den synchronen Teil die Dämpferwicklung bildet. Das vollständige Wicklungsschema ist in Abb. 5 wiedergegeben.

Bei asynchroner Ausbildung sowohl des motorischen wie des generatorischen Teiles kann man mit einer gemeinsamen Kurzschluß-(Käfig-)Wicklung für den Induktor (Läufer) auskommen. Auch wenn man hierbei die

Wicklung als Phasenwicklung ausführt, ist eine Trennung der Wicklung nicht nötig. Es genügt vielmehr, daß man einer gemeinsamen Wicklung eine besondere Ausbildung gibt. Schließlich kann eine gemeinsame Wicklung auch so ausgeführt werden, daß sie für die eine Polzahl als Phasenwicklung und für die andere als Kurzschlußwicklung wirkt. Das kann etwa in der Weise geschehen, wie dies für Abb. 4 bereits erwähnt worden ist.

Arbeitet die Maschine im motorischen und im generatorischen Teil synchron, so ist zu beachten, daß die beiden Felder feste Stellung zueinander haben und daß daher die Höchstwerte der Feldstärke von der gegenseitigen Lage der beiden Felder abhängen. Diese Höchstwerte sind für die Bemessung der Zähne des Eisenkörpers maßgebend.

#### PATENT-ANSPRÜCHE:

1. Maschine zur Umformung oder zur gleichzeitigen Erzeugung von Wechselströmen verschiedener Frequenz bei gleicher oder verschiedener Phasenzahl, bestehend in der Vereinigung zweier Maschinen verschiedener Polzahl, und zwar entweder zweier synchronen Maschinen oder zweier asynchronen Maschinen oder einer synchronen und einer asynchronen Maschine, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung eines ungeraden Verhältnisses  $(2n+1):1$  die induzierte Wicklung für die kleine Polzahl aus Gruppen von zwei um eine gerade Zahl von Polen des Feldes hoher Polzahl entfernt, in Reihe liegender Stäbe besteht, während die induzierte Wicklung für die hohe Polzahl aus Gruppen von  $2n+1$  um je eine Polteilung des Feldes hoher Polzahl entfernt, in Reihe geschalteter Stäbe zusammengesetzt ist.

2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stäbe mittelbar in Reihe geschaltet sind, indem Gruppen mit in sich beliebig geschalteten Stäben gebildet sind, die hintereinandergeschaltet werden.

3. Maschine nach Anspruch 1 mit einem synchronen und einem asynchronen Teil, dadurch gekennzeichnet, daß die asynchrone Wicklung des Induktors so ausgebildet ist, daß sie in bezug auf den asynchronen Teil als Phasenwicklung, in bezug auf den synchronen Teil als kurzgeschlossene Dämpferwicklung wirkt, wobei in die Phasenwicklung an sich bekannte Mittel zur Verbesserung des Leistungsfaktors gelegt werden können.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen.

Zu der Patentschrift 372390  
Kl. 21d Gr. 36

Zu der Patentschrift 372390  
Kl. 21d Gr. 36

Abb. 1.<sup>a</sup>

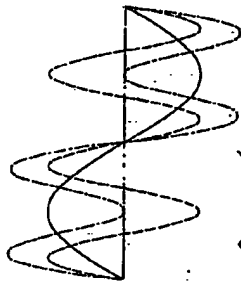


Abb. 1.<sup>b</sup>

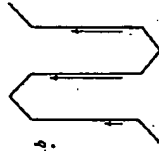


Abb. 1.<sup>c</sup>

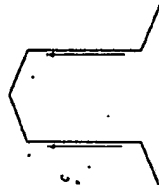


Abb. 4

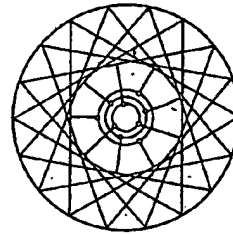
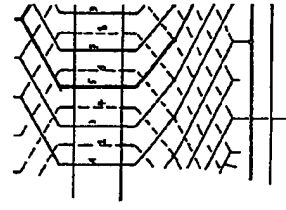
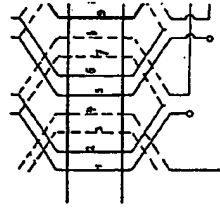
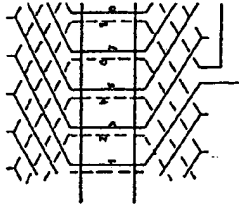
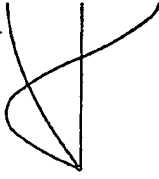
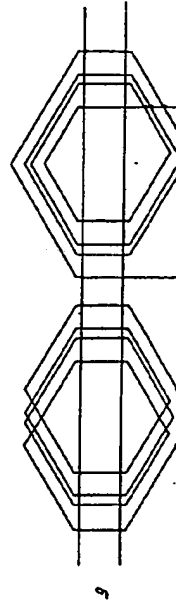
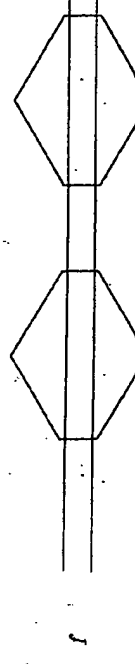
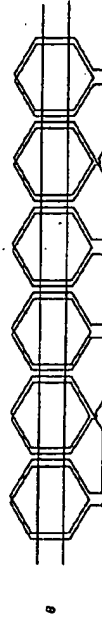
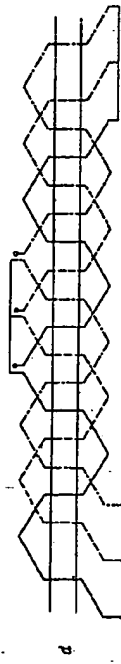
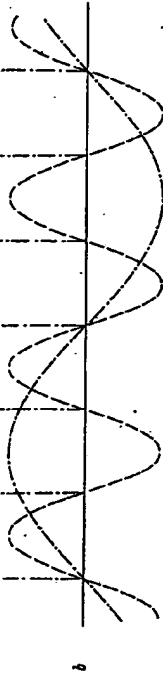


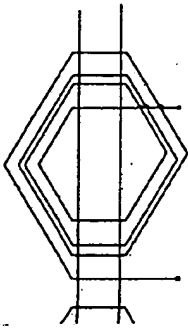
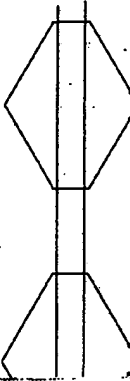
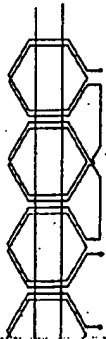
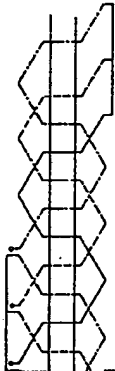
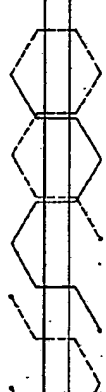
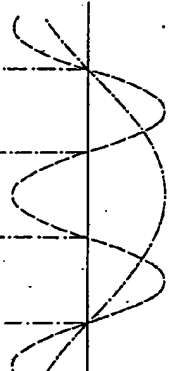
Abb. 2.



Zu der Patentschrift 372390  
Kl. 21d Gr. 86

Zu der Patentschrift 372390  
Kl. 21d Gr. 86

Abb. 2.



PHOTOGR. DRUCK DER REICHENBÜCKEREL

Abb. 3.<sup>a</sup>

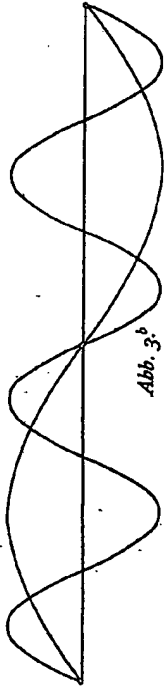


Abb. 3.<sup>b</sup>

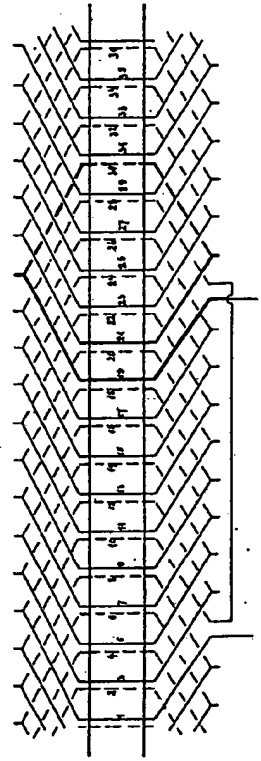


Abb. 3.<sup>c</sup>

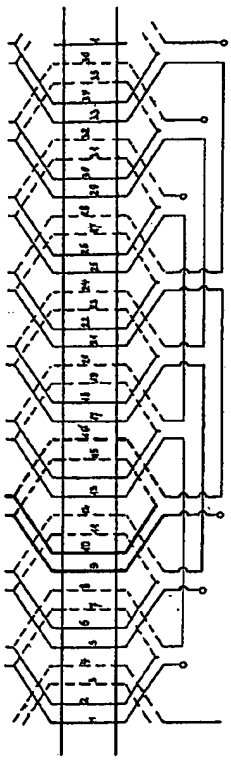


Abb. 5.

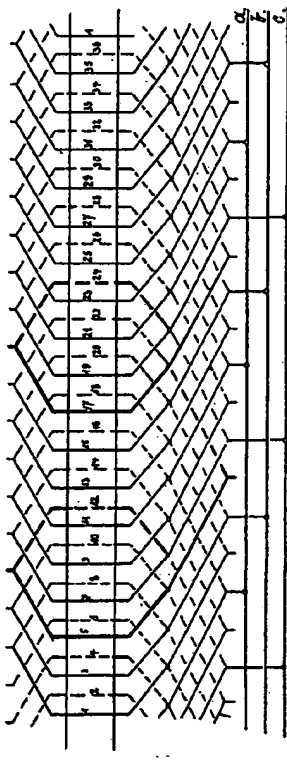


Abb. 1.<sup>a</sup>

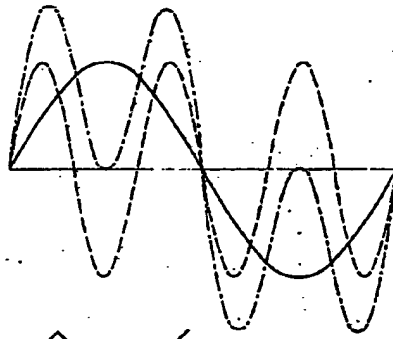


Abb. 1.<sup>b</sup>

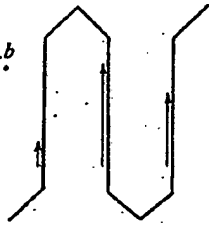


Abb. 1.<sup>c</sup>

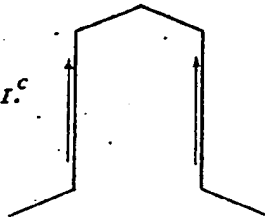
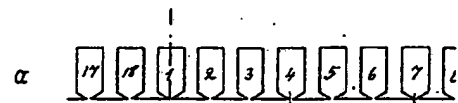
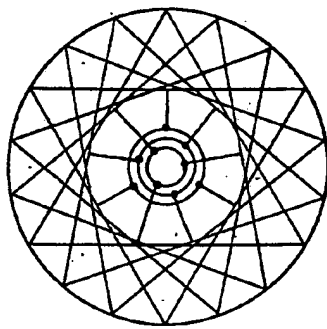
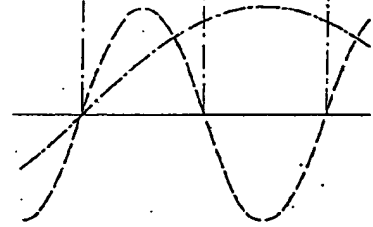


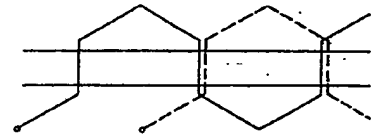
Abb. 4.



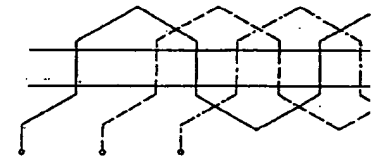
$b$



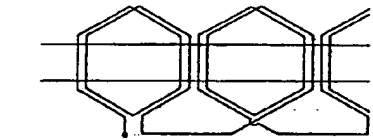
$c$



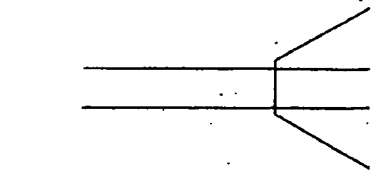
$d$



$e$



$f$



$g$

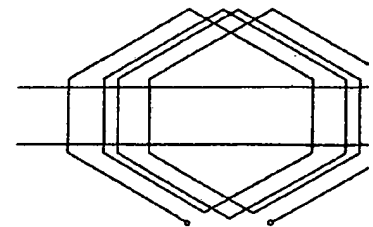


Abb. 2.

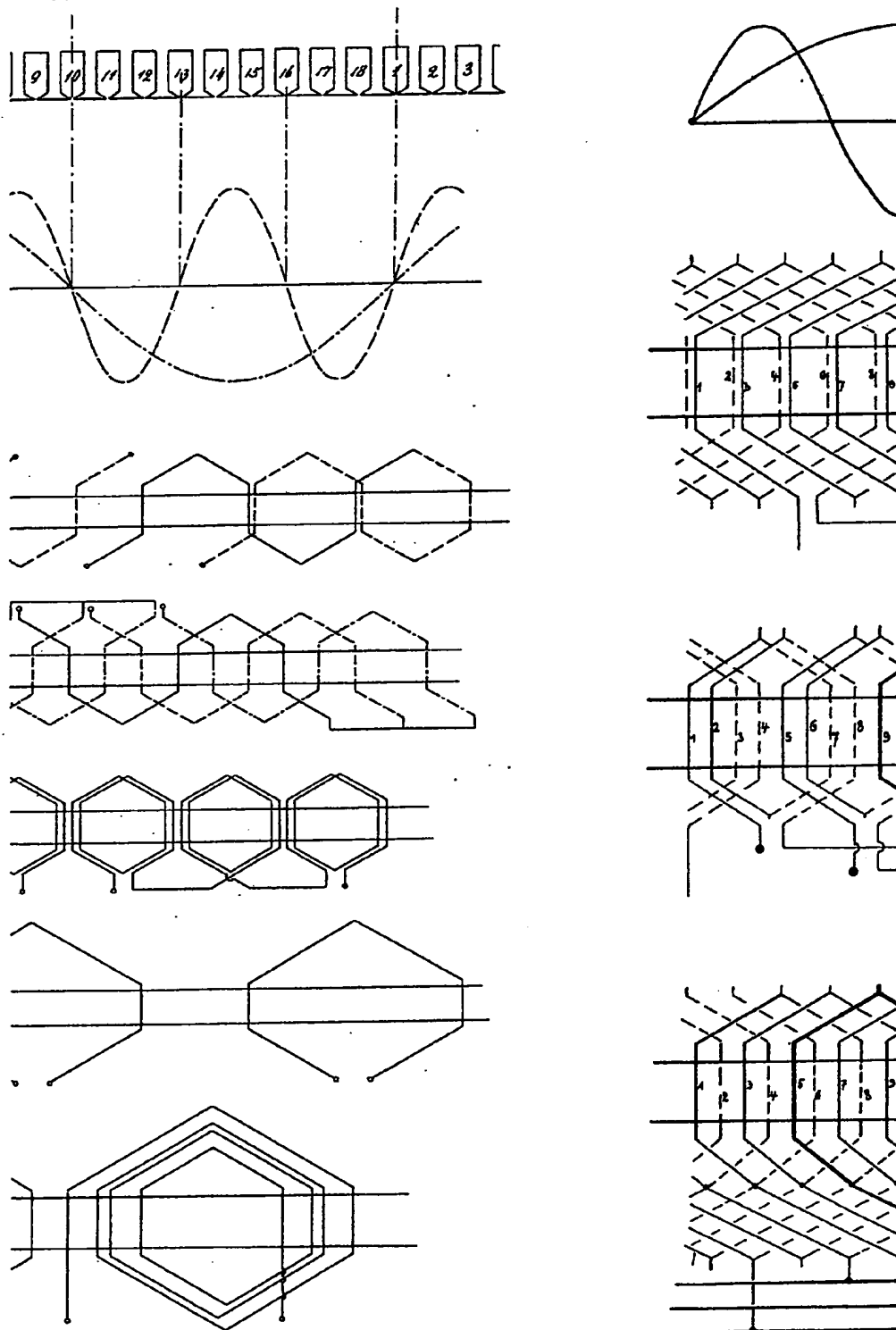




Abb. 3.<sup>a</sup>

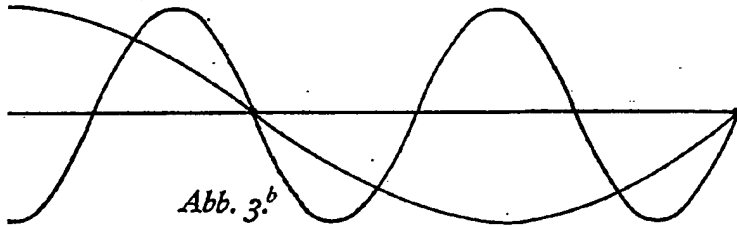


Abb. 3.<sup>b</sup>

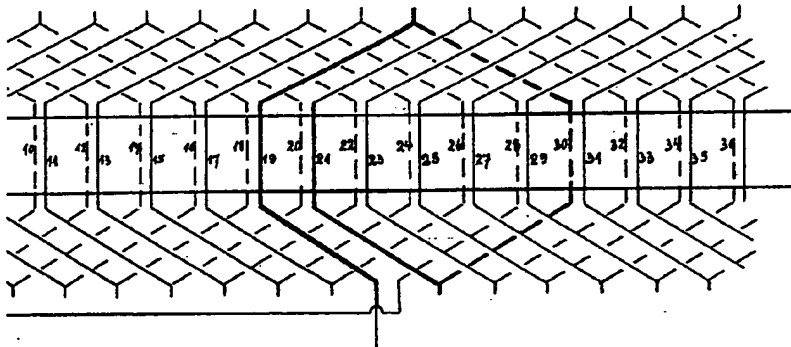


Abb. 3.<sup>c</sup>

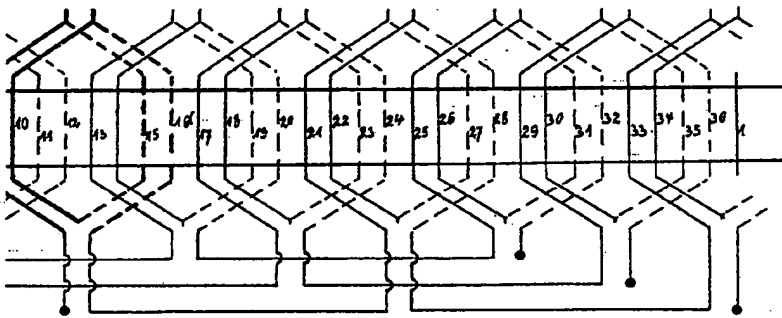


Abb. 5.

